云 南 植 物 研 究 2001，23（4）：509 ~ 514
Acta Botanica Yunnanica

秋海棠抗性育种初探*

李景秀，管开云**，李志坚，郭瑞贤
（中国科学院昆明植物研究所，云南 昆明 650204）

摘要：通过杂交育种提高秋海棠属植物抗病性等抗逆能力。采用抗病亲本与具观赏性的易感病亲本杂交，F_1 自交两代使抗病性状纯合稳定，获得具观赏性、抗病的类型。连续回交将抗病性转移到具可看性而易感病的亲本中，培育出目的新品种；根据亲本性状互补的原则，结合杂种优势 F_1 的利用，选择秋海棠属内不同组、不同生态型，抗逆性差异显著的原始材料进行远缘杂交，选育出观赏价值高、抗逆能力强的适应型新品种。通过 30 多个亲本组合的杂交选育，对 6 个典型组合亲本、子代的性状及表型分析研究，以及子代群体生长势、病情指数、抗性等级的测定，对秋海棠属植物的抗性育种作了初步探讨。

关键词：秋海棠属；连续回交；多代自交；抗性育种
中图分类号：S 682 **文献标识码**：A **文章编号**：0253 – 2700（2001）04 – 0509 – 07

A Preliminary Studies on Resistance Breeding of *Begonia*

LI Jing – Xiu，GUAN Kai – Yun，LI Zhi – Jian，GUO Rui – Xian
（*Kunming Institute of Botany*，*Chinese Academy of Sciences*，Kunming 650204）

Abstract：The methods and results of disease resistance and other resistant abilities of *Begonia* L. through crossbreeding were reported in this paper. Parents with disease resistance and ornamental value but easily effected by disease were used for crossing. Inbreeding of F_1 for two generations in order to stabilize disease resistance property and to achieve ornamental and disease resistance strains. Continuously back crossing could transfer the property of disease resistance to those with ornamental value plants for breeding new cultivars. According to the principle of the properties of parents can be compensated mutually together with using of heterosis of F_1，distant hybridization between different sections，different ecological types and the species with strong resistance abilities were conducted. Six typical combinations and their characters were analyzed based on thirty combinations. The growth capacity of offspring colony，the incidence of disease and the determination of resistant abilities were preliminarily studied and discussed.

Key words：*Begonia*；Continuously back cross；Inbreeding of more generation；Resistance breeding

秋海棠属（*Begonia*） 植物原产热带和亚热带地区，全世界约 2000 种（日本ベゴニア协会，1980）。绝大多数作为观叶盆花被引种栽培，在日本一直被称为盆花之王。1909

* 基金项目：云南省自然科学基金项目（97C087M），中日合作研究项目
** 通讯作者
收稿日期：2000 – 08 – 11，2000 – 12 – 28 接受发表
作者简介：李景秀（1964 – ）女，云南人，实验师，主要从事植物引种驯化的研究。

年贝纳雷（Benary E）的四季海棠（*Begonia semperflorens*）新品种‘普里麦唐纳’（*B*. cv. ‘*Primadonna*’）育成（黄济明，1987）。1952 年，作为第一号新品种 *B*. cv‘*Ricky Minter*’（*B*. *manicata* var. *cristata* × *mazae*）在国际秋海棠注册机构美国秋海棠协会注册以来（日本ベゴニア协会，1980），秋海棠的育种目标逐渐向多元化过渡，观赏成为目标之一。目前，秋海棠大多只能在室内栽培，温度高、湿度大的室内条件下极易发生病虫害，尤其是在炎热的夏季。为了扩大栽培适应范围，便于秋海棠属植物资源的开发利用，在确立以观赏为目标的基础上，必须注重抗性育种。抗性包括材料对病虫害、不良气候及土壤条件的抵抗能力（黄济明，1987），对引种栽培的秋海棠而言，尤其需要培育抗白粉病、抗倒伏、对湿度较低的环境适应能力强的品种。

1 材料与方法

1.1 材料

育种原始材料采用昆明植物园‘云南秋海棠属植物的引种栽培及育种利用研究’课题组引种栽培植株，主要引自云南南部，以及英国、澳大利亚、日本等国家。杂交试验于 1995 年开始在昆明植物园秋海棠栽培室内进行。

1.2 回交组合

以‘华王’秋海棠（*B*.‘*China King*’）作为母本、长翅秋海棠（*B*. *longialata*）作为父本，在盛花期去掉‘华王’秋海棠的雄花，采集长翅秋海棠的花粉进行授粉杂交。在获得的杂种 F_1代中，选择部分不感病植株作为非轮回亲本，‘华王’秋海棠作为轮回亲本进行连续 3 次回交，在获得的回交三代（BC_3）群体中，选择抗病植株连续自交 2 次，选育、区分抗病性不分离的植株（图 1）；另选部分 F_1抗病株连续自交二代，在 F_3中选择出纯合、稳定的银绿斑、抗病植株。

1.3 性状互补的亲本组合

① 掌叶秋海棠（*B*. *hemsleyana*）× 银点秋海棠（*B*. *deliciosa*）

② 毛叶秋海棠（*B*. *rex*）× 花叶秋海棠（*B*. *cathayana*）

③ 长毛秋海棠（*B*. *villifolia*）×‘罗拉’秋海棠（*B*.‘*Norah*’）

④ 变色秋海棠（*B*. *versicolor*）× 秋海棠（*B*. *grandis*）

⑤ 厚壁秋海棠（*B*. *silletensis*）× 变色秋海棠（*B*. *versicolor*）

按上述组合去掉各组母本植株雄花，采集相应父本的花粉授粉，其中，厚壁秋海棠为雌雄异株，只需选雌株隔离授粉即可。选择 F_1 抗病株自花授粉获得 F_2 植株，作 F_1 和 F_2 群体的生长势、平均叶片数、病情指数等病害情况调查。被测定最小样本数为 30，感病情况随机抽取 100 片叶片进行统计调查。感病性分 0—3 级，0 级：不感病，1 级：病斑占叶片总面积 1%—15%，2 级：16%—30%，3 级：31%—45%。

2 结果与分析

2.1 基因重组及其遗传性状的改变

‘华王’秋海棠叶片心形墨绿色、中央嵌有一圈银绿色环带，具有独特的观赏价值，但叶柄柔软易倒伏、叶面常受到白粉病侵染；长翅秋海棠叶柄粗壮挺直、虽无银绿环带但

却几乎不感病。就银绿斑感病和无斑抗病两对相对性状而言，在杂交时有可能发生基因重组，获得银绿斑抗病子代。从‘华王’和长翅秋海棠的杂种 F_1 植株表型来看，F_1 群体抗病具银绿斑。将 F_1 自交后，在 F_2 产生性状分离，186 株中只有 37 株具银绿斑而且抗病，趋近于 3/16 的比例，37 株再次自交结果使其中 2/3 的植株产生性状分离，只有 12 株自交后 F_3 仍保持银绿斑抗病性状不分离。可见，这两对相对性状的遗传符合孟德尔自由组合规律（纳尔逊等，1979；沈克全，1988），而且，通过 F_1 自交，在获得 F_2 植株中选择抗病具银绿斑的个体再次自交，根据 F_3 植株性状的分离与否，确定抗病具银绿斑性状不分离的植株，选育出融观赏、抗病为一体的目的新品种。

2.2　连续回交的遗传效应

真核生物的卵细胞内除细胞核外还有大量的细胞质，精子内除细胞核外没有或很少有细胞质。雄配子受精时不带或很少带有细胞质，因而当用非轮回亲本与轮回亲本杂交并连续回交，回交后代中核内非轮回亲本的遗传成份将为轮回亲本所逐渐取代，而细胞质还是原来的非轮回亲本的（沈克全等，1988）。在‘华王’与长翅秋海棠的杂交过程中，我们以‘华王’秋海棠作为轮回亲本与杂种 F_1 的抗病植株进行 3 次连续回交，回交后代既融合了‘华王’秋海棠的银绿色环斑，又有极强的抗病性，而且将获得的回交三代（BC_3）抗病植株连续自交两代后选育出抗病性稳定而不分离的植株，即：基因型 RR 的抗病株（图 1，图版Ⅰ：6）。显然，这种稳定的持续与保存以自花授粉或无性繁殖作为前提条件。

P　银绿斑感病（♀）× 无斑抗病（♂）
rr　　RR
↓
F_1　Rr　×　rr
抗病株　银绿斑感病
↓
BC_1　rr　Rr　×　rr
感病株淘汰　抗病株　银绿斑感病
↓
BC_2　rr　Rr　×　rr
感病株淘汰　抗病株　银绿斑感病
↓
BC_3　Rr　rr
抗病株　感病株淘汰
↓ ⊕
1 RR　2 Rr　1 rr
抗病株　抗病株　感病株淘汰
↓ ⊕　↓ ⊕
抗病性不分离　抗病性分离淘汰

图 1　抗病性回交改良步骤

Fig. 1 Step of improvement of back cross of disease resistance

注：R 代表显性抗病基因、r 表示隐性感病基因，其他基因未图示。

Notes：R：Gene of dominant disease resistance，r：Gene of recessive infective disease.

2.3 性状互补的亲本选配结果

多年的秋海棠属植物引种栽培结果表明，秋海棠属内各种或品种之间对病虫害及不良环境的抗性确实存在差异。在杂交育种过程中，我们力求选择观赏价值高、抗病虫能力强、适应性广的种类相互杂交，利用亲本性状互补的原则，以求杂种后代中选取优点尽可能多、缺点尽可能少的杂种个体。在杂交组合①、③中，原产云南南部的野生种掌叶秋海棠和长毛秋海棠各自具有掌状复叶及密被紫褐色长柔毛的奇特形态，由于二种皆属直立型，植株较高，易倒伏。我们分别选择了根茎类、抗逆能力强、易于栽培的外来种及栽培品种银点秋海棠和‘罗拉’秋海棠作为父本进行杂交，获得的杂种 F_1 株高界于父母本之间。组合①的 F_1 代植株直立茎较母本矮、挺直，而且，根系发达；组合③的杂交后代呈匍匐的根状茎，侧根数量可达母本的 3 倍，都不同程度地增强了抗倒伏等抗逆能力（图版Ⅰ：1，3）；在组合②中，毛叶秋海棠和花叶秋海棠为云南野生种，具有很高的观赏价值，但前者属根茎类、后者茎直立，F_1 呈直立状茎，但比花叶秋海棠矮得多，不仅集中了双亲的独特观赏性，而且还表现出比父母本极为优良的适应性和抗倒伏能力（图版Ⅰ：2）。在杂交组合④和⑤中，变色秋海棠主要分布于云南省屏边大围山等典型的热带、亚热带常绿阔叶林下，叶片密被白色、绿色至紫红色柔毛，彩色斑纹丰富多样，极为美丽。然而，变色秋海棠自然分布区相对湿度为 85%，就足以限制其栽培适应范围，其他种类能够正常生长发育的栽培环境，变色秋海棠却难以生长。我们选择了不同生态型、属球根类的寒温带种类秋海棠及与其亲缘关系较远、不同组的无翅组（Sphenanthera）种类厚壁秋海棠，分别与变色秋海棠杂交，获得的 F_1 植株能够在空气湿度 65% 左右的环境条件下正常生长发育，具备一定的适应能力（图版Ⅰ：4，5）。

2.4 杂种优势的利用

由于杂合性能给予有机体的细胞分裂、生长和其他生理活动以特殊的刺激作用，使杂合体表现出生长上的优势。尤其是杂种 F_1 在生长势、生活力、以及对不良环境的抗性上优于双亲。我们将前述杂交组合的 F_1 种子继续进行有性繁殖，观测 F_2 植株的表现型和抗逆性。由于秋海棠属植物以观叶为主，叶片的生长质量和数量都直接影响其观赏性。我们以 F_1 和 F_2 的单株叶片数量作为观测指标，测定 F_2 相对于 F_1 的衰退程度，以病情指数作为基准，衡量叶片感病的严重程度、并判断 F_1 和 F_2 群体的抗病性等级。

结果表明：各杂交组合 F_2 群体的叶片生长数量较 F_1 均明显减少，出现不同程度的衰退现象，组合 *Begonia*‘China King’× *longialata* 和 *B. rex* × *cathayana* 的衰退率分别高达 47.6%和 47.1%（表 1）；就病情指数而言，数值大说明感病严重，病情指数为 0，则群体植株无病。F_1 与 F_2 的数值差越大，说明对抗性反应越强，即：F_1 群体的感病程度越轻微，其 F_2 群体感病越严重，显然，F_1 的抗病性越强，F_2 极易感病。组合 *Begonia*‘China King’× *longialata*、*B. rex* × *cathayana* 的差值分别为 36 和 34.5，显示出 F_1 群体的绝对优势及其 F_2 群体的相对劣势，生长势也呈现同样的趋势（表 1）。可见，F_2 群体由于产生性状分离，F_1 所具备的优良表型组合在 F_2 中表现极少，各方面的抗性都较 F_1 群体显著下降。而且，杂交亲本的纯合度越高、性状差异越大，F_1 表现优势的强度越大，则其 F_2 表现衰退现象越明显（沈德绪等，1985；浙江农业大学，1979）。我们将杂交获得的 F_1 植株采用叶片、叶柄和茎进行扦插繁殖，在同等栽培管理条件下，营养繁殖后代能够保持 F_1

的优势及其原有的抗性。

表1 不同杂交组合 F_1 和 F_2 群体的衰退现象及抗性比较

Table 1 The comparison of decline phenomenon and resistance of F_1 and F_2 colony in the different combination of cross breeding.

杂交组合 Combination of Cross breeding	世代 Generation	单株叶数(片) Leaves	衰退率(%) Decline rate	生长势 Growing capacity	病情指数 Incidence of disease	抗病性 disease resistance
B.‘China King’ × *longialata*	F_1	21		+ + +	0	抗
	F_2	11	47.6	0	36	高感
B. *hemsleyana* × *deliciosa*	F_1	23		+ +	8.7	抗
	F_2	18	21.7	+	17	感
B. *rex* × *cathayana*	F_1	17		+ + +	0	抗
	F_2	9	47.1	0	34.5	高感
B. *villifolia* × ‘Norah’	F_1	29		+ + +	0	抗
	F_2	25	13.8	+ +	16.7	感
B. *versicolor* × *grandis*	F_1	12		+ +	6.4	抗
	F_2	10	16.7	0	28.3	高感
B. *silletensis* × *versicolor*	F_1	13		+ + +	0	抗
	F_2	8	38.5	0	31.8	高感

注：衰退现象以叶片数量作为衡量指标，衰退率 = $(F_1-F_2)/F_1\times100\%$；‘+ + +’表示生长势优、‘+ +’表示良、‘+’表示较好、‘0’表示差。

Notes: Amount of leaf are measure of decline phenomenon;. Decline rate = $(F_1-F_2)/F_1\times100\%$;
‘+ + +’: Best growing capacity;‘+ +’: Better;‘+’: Good;‘0’: Bad.

3 小结

经6年的秋海棠杂交育种及品种选育，已获得有效的抗性育种方法。在我们引种的250多种（品种）中，无论抗病性还是适应性，种与种之间确实存在着不同程度的差异，观赏性也各有侧重。正如‘华王’秋海棠与长翅秋海棠的抗病性回交改良，可采用抗病性强的种类与观赏价值高易感病的种类进行杂交，以原来的亲本之一作为轮回亲本，与杂种 F_1 多次回交，有利于观赏价值高抗病性差的种或品种的性状改良。

遵循亲本性状互补的原则，尽量选配生物学特性变化幅度大、生态学特性差异显著的父母本进行杂交，培育适应型杂种优势，使杂种在适应环境能力上优于双亲，提高对不良环境的抵抗力或忍耐力，增强抗病性，充分利用 F_1 的杂种优势，采用营养繁殖法保持杂种后代的稳定性。

此外，杂种后代的抗病性经多代回交选育、基因型得以纯化、稳定，各类适应型杂种的抗性也能够不同程度地遗传。而表现型是基因型和环境条件相互作用的结果，通过改进栽培管理以强化育成品种的抗病机制，提高当代植株的抗逆能力，有利于杂种抗性性状的优势表现。

〔参 考 文 献〕

纳尔逊等编著（河北省保定地区科技情报所译），1979．植物抗性育种——概念和应用［M］．北京：农业出版社，74—76

黄济明，1987．花卉育种知识［M］．北京：中国林业出版社，11，47—48

沈克全，程经有，徐甸，1988．遗传学［M］．北京：中央广播电视大学出版社，34—38，186

浙江农业大学，1979．遗传学［M］．北京：农业出版社，91—92

沈德绪，林伯年，1985．园艺植物遗传学［M］．北京：农业出版社，205—207

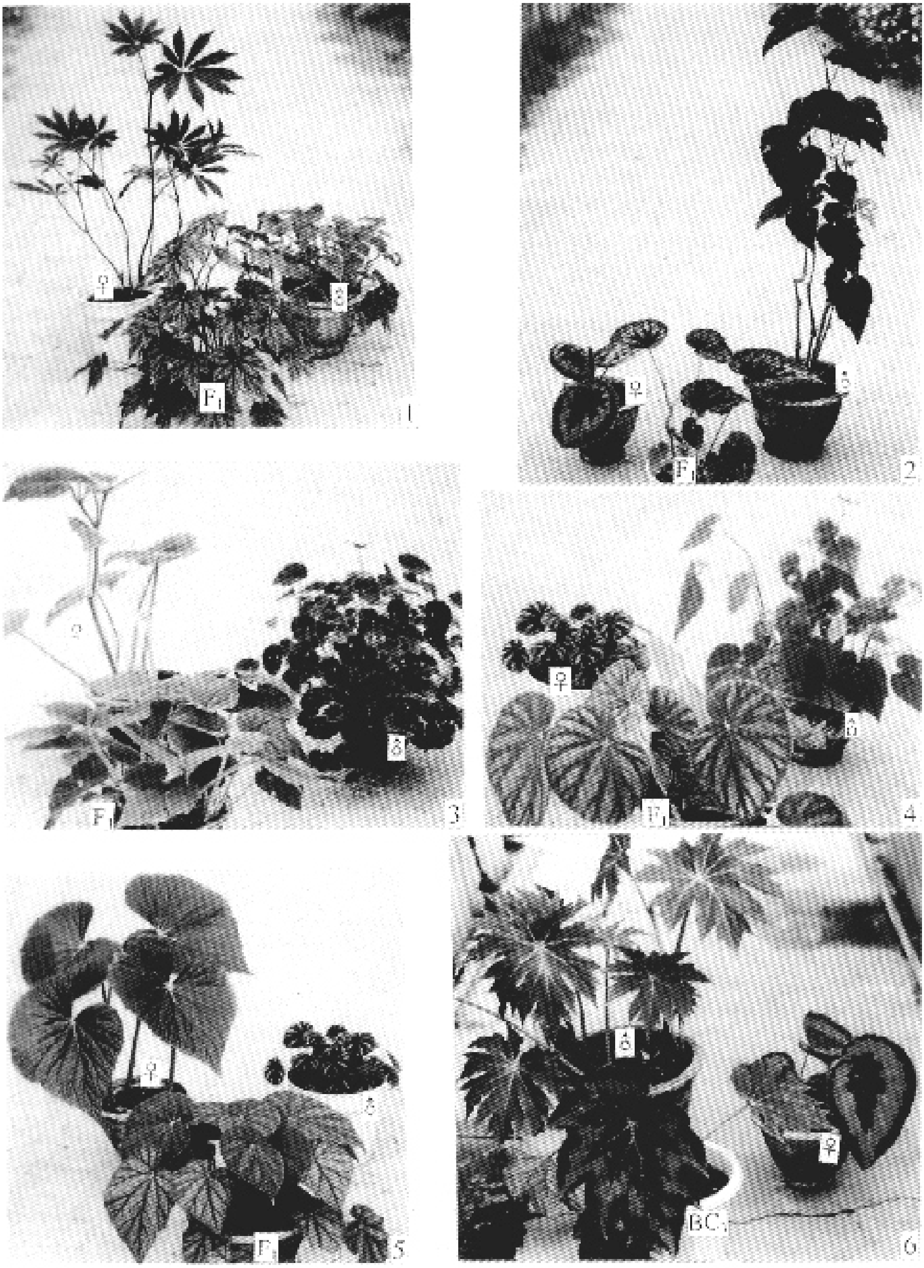
日本ベゴニア协会，1980．ベゴニア［M］．东京：诚文堂新光社，105，116

图版说明

图版Ⅰ 1．**性状互补组合之①，♀（掌叶秋海棠）×♂（银点秋海棠）**→F_1；2．**性状互补组合之②，♀（毛叶秋海棠）×♂（花叶秋海棠）**→F_1；3．**性状互补组合之③，♀（长毛秋海棠）×♂（'罗拉'秋海棠）**→F_1；4．**性状互补组合之④，♀（变色秋海棠）×♂（秋海棠）**→F_1；5．**性状互补组合之⑤，♀（厚壁秋海棠）×♂（变色秋海棠）**→F_1；6．**♀·与** F_1**回交的轮回亲本（'华王'秋海棠），♂（长翅秋海棠），**BC_3**（从回交三代中自交选育出来的抗病植株）。**

Explanation of Plate

Plate Ⅰ 1．① of complementary combination of character，♀（*Begonia hemsleyana*）×♂（*B*．*deliciosa*）→F_1；2．② of complementary combination of character，♀（*B*．*rex*）×♂（*B*．*cathayana*）→F_1；3．③ of complementary combination of character，♀（*B*．*villifolia*）×♂（*B*．'*Norah*'）→F_1；4．④ of complementary combination of character，♀（*B*．*versicolor*）×♂（*B*．*grandis*）→F_1；5．⑤of complementary combination of character，♀（*B silletensis*）×♂（*B*．*versicolor*）→F_1；6．♀ and recurrent parent（*B*．'*China king*'），♂（*B*．*longialata*），BC_3（Plant of inbreeding from back cross of three generation）.



See explanation at the end of text